

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 14 849.3
Anmeldetag: 28. März 2003
Anmelder/Inhaber: XTREME technologies GmbH, 07745 Jena/DE
Bezeichnung: Anordnung zur Stabilisierung der Strahlungsemission eines Plasmas
IPC: H 05 G, H 05 H

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 29. Januar 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Hintermeier".

Hintermeier

Anordnung zur Stabilisierung der Strahlungsemision eines Plasmas

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Stabilisierung der Strahlungsemision eines Plasmas, insbesondere zur Erzeugung von extrem ultravioletter Strahlung (EUV-Strahlung), bei der ein gebündelter Energiestrahl auf ein Target gerichtet ist, wobei das Target als Targetstrahl ausgebildet ist und eine Strahlrichtung aufweist, die im Wesentlichen orthogonal zur Strahlrichtung des Energiestrahls ausgerichtet ist.

Zur Erzeugung von EUV-Strahlung wird meist ein laserproduziertes Plasma (LPP) verwendet. Dabei wird ein sogenanntes Target mit einem Laser bestrahlt und damit so stark aufgeheizt, dass davon ausgehend charakteristische und Temperaturstrahlung mit einem bedeutenden Anteil im extrem ultravioletten (EUV-) Spektralbereich emittiert wird. In der Praxis wird das Target im zeitlichen Verlauf unterschiedlich „gut“ vom Laserstrahl getroffen, wodurch es zu zeitlichen Schwankungen der Intensität der EUV-Strahlung kommt. Für viele Anwendungen, insbesondere als Strahlquelle für die Halbleiterlithographie, darf die abgegebene Strahlungsleistung im EUV-Spektralbereich zeitlich aber nur sehr geringen Schwankungen unterliegen.

Im Stand der Technik haben sich Lösungen durchgesetzt, die ein Target in Form eines Targetstrahls verwenden, der einen ständigen Materialstrom möglichst hoher Dichte und geringer Divergenz gewährleistet. Ein solcher Targetstrahl hat typischerweise einen Durchmesser zwischen 0,01 und 0,1 mm.

Ein auf den Targetstrahl gerichteter Laserstrahl muss zur Erzeugung des Plasmas fokussiert werden. Typischerweise führen Vibratoren oder andere Schwankungen in den beiden (relativ) unabhängigen Erzeugungssystemen zu Richtungsinstabilitäten von Targetstrahl und Laserstrahl und somit zu einer zeitlich variierenden Einkoppeleffizienz der Laserenergie in das Targetmaterial und damit zu einer ungleichmäßigen Abgabe der EUV-Strahlung.

In zahlreichen Patenten und Offenlegungsschriften werden Vorrichtungen und Verfahren zur EUV-Erzeugung mittels Laserbestrahlung unterschiedlicher Targets beschrieben. Einer Vielzahl dieser Targets, insbesondere den sogenannten masselimitierten Targets, ist gemeinsam, dass sie in zwei Dimensionen, wie z.B. H.

Hertz WO 97/40650/EP 0 895 706 (Jet Target), M. Schmidt WO 01/30122 A1 (Tröpfchen-Nebel) oder sogar in drei Dimensionen wie z.B. E. Noda EP 0 186 491 B1 (Tröpfchen) kleine Ausdehnungen im Sub-Millimeter-Bereich aufweisen. In keiner der genannten Druckschriften wird eine zeitliche Konstanz der Einkoppeffizienz der 5 Laserstrahlung in das Target überwacht oder gewährleistet.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine neue Möglichkeit zur zeitlich stabilen Erzeugung von kurzwelliger Strahlung, insbesondere EUV-Strahlung aus einem durch Energieeintrag in einen Targetstrahl erzeugten Plasma zu finden, bei der Intensitäts- 10 schwankungen infolge veränderter Einkopplung der Anregungsstrahlung in den Targetstrahl minimiert werden.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe bei einer Anordnung zur Stabilisierung der Strahlungsemision eines Plasmas, insbesondere zur Erzeugung von extrem 15 ultravioletter (EUV-) Strahlung, bei der ein gebündelter Energiestrahl auf ein Target gerichtet ist, wobei das Target als Targetstrahl ausgebildet ist und eine Strahlrichtung aufweist, die im Wesentlichen orthogonal zur Strahlrichtung des Energiestrahls ausgerichtet ist, dadurch gelöst, dass Messmittel zum zeitlich sukzessiven Erfassen von Abweichungen mindestens einer der Strahlrichtungen von Targetstrahl und 20 Energiestrahl von einem als Wechselwirkungsort vorgesehenen Schnittpunkt beider Strahlrichtungen vorhanden sind, wobei die Messmittel Ausgangssignale aufweisen, die als Regelgrößen für die Ausrichtung der Strahlrichtungen auf den Wechselwirkungsort geeignet sind, und Stellglieder zum Einstellen und Nachführen 25 wenigstens einer der Strahlrichtungen von Targetstrahl und Energiestrahl in Abhängigkeit vom Ausgangssignal der Messmittel im Sinne eines Regelkreises vorhanden sind.

Vorteilhaft sind Messmittel zur Erfassung von Abweichungen der Strahlrichtungen am Wechselwirkungsort in einer linearen Dimension, die orthogonal zu den 30 Strahlrichtungen von Targetstrahl und Energiestrahl ausgerichtet ist, vorhanden, wobei die Messmittel im Wesentlichen in Richtung der Achse des Energiestrahls angeordnet sind.

Dabei ist in der besagten Dimension zweckmäßig ein Messmittel zur Erfassung der Position des Targetstrahls vorgesehen, wobei ein ortsauflösender Sensor in einer Normalebene zur Achse des Energiestrahls angeordnet ist.

Der ortsauflösende Sensor ist zweckmäßig ein optischer Sensor, der gegenüber einer

5 Lichtquelle zur Beleuchtung des Targetstrahls so angeordnet ist, dass auf seine Empfängerebene ein charakteristisches Intensitätsmuster vom Targetstrahl abgebildet wird.

Als optischer Sensor wird vorzugsweise eine Photodiode mit keilförmiger (dreieckiger) Empfängerfläche verwendet, wobei einer Positionsänderung des Targetstrahls in der
10 besagten Dimension eine lineare Änderung der Photospannung, die das Ausgangssignal darstellt, zugeordnet ist.

Der Sensor kann aber auch eine Empfängerzeile (z.B. ein CCD, eine Photodiodenzeile etc.) sein, wobei einer Positionsänderung des Targetstrahls eine gegenüber einer Nulllage geänderte Lage des abgebildeten charakteristischen Intensitätsmusters
15 zugeordnet ist und die Differenz zwischen der geänderten Lage und der Nulllage, vorzugsweise als Schwerpunktendifferenz, das Ausgangssignal darstellt.

In einer dritten Variante weist der ortsauflösende Sensor zwei Empfängerflächen auf, wobei bei einer Positionsänderung des Targetstrahls eine geänderte Photodifferenzspannung, die das Ausgangssignal darstellt, nachweisbar ist.

20 Besonders vorteilhaft besitzt der optische Sensor zwei zueinander keilförmig verjüngte Empfängerflächen, wobei bei einer Positionsänderung des Targetstrahls eine stärkere Ortsabhängigkeit der geänderten Photodifferenzspannung nachweisbar ist. Diese zweizellige Photodiodenanordnung arbeitet ohne Totzone, wenn sich die
25 keilförmigen (dreieckigen) Empfängerflächen zu einem Parallelogramm, vorzugsweise einem Rechteck, mit diagonal ausgerichtetem Zwischensteg ergänzen.

Zur Kalibrierung der Photodifferenzspannungen gegenüber den zugehörigen Targetpositionen sind zweckmäßig jeweils zwei Iterationsschritte vorgesehen, die zyklisch wiederholbar sind. Dabei wird in einem ersten Schritt die Position des

30 Targetstrahls in einer Normalstellung gegenüber dem Energiestrahl als erste Photodifferenzspannung U_1 gemessen und nach einer mittels eines Stellgliedes definiert ausgeführten relativen Verschiebung Δx eine zweite Photodifferenzspannung U_2 erfasst, wobei eine lineare Funktion zur Erzeugung eines

bezüglich des Weges normierten Ausgangssignals des Messmittels den Anstieg

$$a = \Delta x / (U_1 - U_2)$$

aufweist.

5

Vorteilhaft sind Messmittel zur Erfassung der Richtungsabweichung eines als Laserstrahl ausgebildeten Energiestrahls in zwei zueinander orthogonalen Dimensionen vorgesehen, wobei ein ortsauflösender Sensor mit seiner ortsempfindlichen Fläche in einer Normalebene zur Achse des Laserstrahls angeordnet ist. Dabei ist der ortsauflösende Sensor vorzugsweise ein Quadrantendetektor.

10

Zur Kompensation von Positionsänderungen zwischen Targetstrahl und Energiestrahl sind zweckmäßig Stellglieder zum Nachführen des Energiestrahls vorgesehen, wobei die Ausgangssignale der Messmittel als Regelsignale für die Ablenkung des Energiestrahls vorgesehen sind. Besonders vorteilhaft wird zur Winkelablenkung eines als Energiestrahl verwendeten Laserstrahls ein Stellglied in Form eines schwenkbaren Spiegels angeordnet, wobei der Spiegel wenigstens um eine Achse, die zur Strahlrichtung des Targetstrahls parallel ist, schwenkbar ist.

15

Als Stellglied zur Winkelablenkung eines als Energiestrahl verwendeten Elektronenstrahls ist zweckmäßig eine elektromagnetische Ablenkeinheit vorzusehen, wobei die Ablenkeinheit mindestens eine zur Strahlrichtung des Targetstrahls orthogonale Ablenkebene aufweist.

20

In einer weiteren Variante sind zur Kompensation von Positionsänderungen zwischen Targetstrahl und Energiestrahl Stellglieder zum Nachführen des Targetstrahls vorhanden, wobei die Ausgangssignale der Messmittel als Regelsignale für eine Manipulation der Austrittsdüse des Targetstrahls vorgesehen sind.

Die Austrittsdüse ist zweckmäßig innerhalb einer Normalebene des Targetstrahls

30

eindimensional beweglich, wobei die Bewegung orthogonal zu einer von Targetstrahl und Energiestrahl aufgespannten Ebene ausgerichtet ist.

In einer anderen Ausführung ist die Mikromanipulation der Austrittsdüse so gestaltet, dass die Austrittsdüse orthogonal zur Strahlrichtung des Targetstrahls um eine parallele Achse zur Strahlrichtung des Energiestrahls schwenkbar ist.

5 Ferner können die Messmittel zur Erfassung der Position des Targetstrahls auch vorteilhaft in zwei zueinander orthogonalen Dimensionen vorgesehen sein, wobei ein ortsauf lösender Sensor parallel zur Achse des Energiestrahls und ein weiterer orthogonal dazu angeordnet sind.

10 In einer solchen Ausgestaltung sind zur Kompensation von Positionsänderungen zwischen Targetstrahl und Energiestrahl auch die Stellglieder zum Nachführen des Targetstrahls in zwei Dimensionen vorhanden, wobei die Ausgangssignale der orthogonalen ortsauf lösenden Sensoren als Regelsignale für eine zweidimensionale Verschiebung einer Austrittsdüse des Targetstrahls vorgesehen sind.

15 Dabei ist die Austrittsdüse zweckmäßig innerhalb einer Normalebene des Targetstrahls mittels eines piezogesteuerten Mikromanipulators zweidimensional beweglich.

20 In einer besonders anspruchsvollen Ausführung sind die Stellglieder von Target- und Energiestrahl in Kombination mit den Messgliedern und Regelgliedern zu einer gezielten Bewegung des Plasmas entlang einer definierten Bahnkurve vorgesehen, wobei jedes Regelglied entsprechend den Ausgangssignalen der Messglieder einen einzustellenden zeitlichen Verlauf des Wechselwirkungsortes als modifizierte Stellgröße für die Stellglieder bereitstellt.

25 25 In einer weiteren Variante der Messwertaufnahme sind Messmittel zur Erfassung der Position des Targetstrahls in zwei zur Strahlrichtung des Targetstrahls orthogonalen Dimensionen derart konzipiert, dass sowohl Komponenten der Abweichung des Targetstrahls orthogonal zur Achse des Energiestrahls als auch parallel dazu mittels eines ortsauf lösenden Sensors messbar sind. Dabei ist der ortsauf lösende Sensor 30 zweckmäßig um einen geeigneten Winkel gegenüber der parallelen oder der orthogonalen Richtung des Energiestrahls, vorzugsweise um 45°, verschieden, wobei jeweils die Projektion auf die zu regelnde Koordinatenrichtungen als Ausgangssignal ermittelbar sind.

Mit der erfindungsgemäßen Lösung ist es möglich, eine zeitlich stabile Erzeugung von kurzwelliger Strahlung, insbesondere EUV-Strahlung, aus einem durch Energieeintrag in einen Targetstrom erzeugten Plasma zu realisieren, bei der Schwankungen der Strahlungsleistung infolge veränderter Einkopplung der Anregungsstrahlung in den

5 Targetstrom minimiert werden, indem der Wechselwirkungsort von Energiestrahl und einem relativ dünnen Targetstrahl permanent überwacht und nachgeregelt wird.

Die Erfindung soll nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert werden. Die Zeichnungen zeigen:

10 Fig. 1: eine Prinzipdarstellung der erfindungsgemäßen Anordnung aus einem auf einen Targetstrahl gerichteten Laserstrahl, in deren Überlappungsbereich ein Plasma mit EUV-Strahlungsemision entsteht,

Fig. 2: eine Prinzipdarstellung des Regelkreises mit Sensorelementen zur Erfassung der Positionen des Targets und des Laserstrahls und Korrekturregelung für den Targetstrahl und den Laserstrahl den jeweiligen Stellwert übermittelt.

15 Fig. 3a: eine Ausführungsvariante für das Fühlglied zur Messung der Position des Targetstrahls mit Durchlichtbeleuchtung,

Fig. 3b: eine Ausführungsvariante für das Fühlglied zur Messung der Position des Targetstrahls mit Auflichtbeleuchtung,

20 Fig. 4: eine weitere Ausgestaltung der Erfindung mit zweidimensionaler Erfassung der Position des Targetstrahls,

Fig. 5a: eine vorteilhafte Gestaltung für die Messung der Position eines charakteristischen Intensitätsprofils des Targetstrahls mittels einer ortsempfindlichen Photodiode,

25 Fig. 5b: eine Beschaltung der ortsempfindlichen Photodiode zur Gewinnung eines ortsabhängigen Regelsignals,

Fig. 6a: eine weitere Gestaltungsform zur Messung der Position des charakteristischen Intensitätsprofils des Targetstrahls mit einem spiegelsymmetrisch angeordneten Photodiodenpaar,

30 Fig. 6b: eine spezielle Ausführung zur Messung der Position des charakteristischen Intensitätsprofils des Targetstrahls mit einem zweizelligen Photodiodenarray, bei dem die summierte Diodenbreite beider Photodioden für jede Längenposition des Intensitätsprofils des Targetstrahls gleich ist,

Fig. 6c: eine Beschaltung der Photodioden zur Messung der Differenzspannung, wobei das charakteristische Intensitätsprofil in der Mitte der Photodiodenanordnung liegt, wenn die Differenzspannung gleich Null ist,

5 Fig. 7a: eine weitere Sensorgestaltung für die Messung der Position des charakteristischen Intensitätsprofils des Targetstrahls mit einem CCD-Array,

Fig. 7b: eine schematische Darstellung zur Gewinnung des Ausgangssignals aus dem 10 Signalverlauf einer ausgelesenen CCD-Zeile,

Fig. 8: eine bevorzugte Ausführung eines Stellgliedes für den Laserstrahl, das ein im Winkel einstellbarer Spiegel ist, der eine Verkippung des Spiegels eine Positionsverschiebung des Fokus umsetzt.

Die erfindungsgemäße Anordnung besteht in ihrem Grundaufbau – wie in Fig. 1 dargestellt – aus einem Targetstrahl 1, der von einem Targetgenerator, von dem lediglich die Austrittsdüse 11 dargestellt ist, bereitgestellt wird, einem Energiestrahl 2,

15 der – ohne Beschränkung der Allgemeinheit – in einer Vakuumkammer (nicht dargestellt) vorzugsweise orthogonal durch Wechselwirkung (Energieeintrag) mit dem Targetstrahl 1 ein Plasma 3 erzeugt, das kurzwellige Strahlung 4 vorzugsweise im extrem ultravioletten (EUV-) Spektralbereich emittiert. Der Wechselwirkungsort 31, der praktisch die Schnittfläche des Energiestrahls 2 mit dem getroffenen Targetstrahl

20 1 beschreibt, ist aufgrund von Vibrationen und anderen Störeinflüssen der beiden Strahlerzeugungsergebnisse von Targetstrahl 1 und Energiestrahl 2 kein fester Ort, sondern unterliegt ständigen Lageveränderungen, die zu einer Schwerpunktverschiebung des Plasmas 3 und zu einer Änderungen des Wirkungsquerschnitts von

25 Targetstrahl und Strahl führen und somit den Quellort der emittierten Strahlung 4 unerwünscht verlagert bzw. die Strahlungsdosis verändert. Insbesondere Änderungen der Impulsenergie der Strahlung 4 hinsichtlich der Puls-zu-Puls-Stabilität sind jedoch für Anwendungen in der Halbleiter-Lithographie für die Belichtung kleinstter Strukturen nur in sehr engen Grenzen tolerierbar.

Die erfindungsgemäße Anordnung weist deshalb eine Mess- und Regeleinrichtung 5 zur Erfassung und Korrektur der Position des Plasmas 3 auf, die die Übereinstimmung der Strahlachsen von Targetstrahl 1 und Energiestrahl 2 am Wechselwirkungsort 31 überwacht.

Ordnet man ein kartesisches Koordinatensystem so den Strahlrichtungen von Targetstrahl 1 und Energiestrahl 2 zu, dass der Targetstrahl 1 vertikal in negativer

Richtung der z-Achse und der Energiestrahl 2 horizontal in positiver Richtung der y-Achse verlaufen, so ist wenigstens ein ortsauflösende Fläche des Sensor 51 in der y-z-Ebene angeordnet, um über eine Abbildungsoptik 56 ein Abbild der Dimension des Targetstrahls 1 in x-Richtung aufzunehmen. Die Verarbeitungseinheit 53 (als 5 Regelglied) generiert aus dem Ausgangssignal des Sensors 51 eine Regelgröße für ein Target-Stellglied 54 zur Korrektur einer Strahlabweichung des Targetstrahls 1 mittels einer Veränderung der Stellung der Austrittsdüse 11.

Die Mess- und Regeleinrichtung 5 kann prinzipiell für jeden der Strahlen, Targetstrahl 10 1 und Energiestrahl 2, separate Fühlglieder, Regelglieder und Stellglieder enthalten. Ein Blockschema des Aufbaus einer solchen komplexen Mess- und Regeleinrichtung 5 ist in Fig. 2 dargestellt.

Im Folgenden soll – ohne Beschränkung der Allgemeinheit – als Energiestrahl 2 ein 15 Laserstrahl 21 die Energie zur Plasmaerzeugung in den Targetstrahl 1 einbringen. Die Mess- und Regeleinrichtung 5 hat in diesem Beispiel zwei unterschiedliche Regelkreise, die alternativ oder im Zusammenwirken betrieben werden können, wie es mittels der durchgezogenen und gestrichelten Linien symbolisch dargestellt ist. Ausgangspunkt eines Regelkreises ist jeweils ein ortsauflösender Sensor, der 20 entweder als Targetsensor 51 die Position des Targetstrahls 1 oder als Lasersensor 52 die Lage des Laserstrahls 21 erfasst. Die nachgeschaltete – in diesem Fall für beide Sensoren 51 und 52 gemeinsame – Verarbeitungseinheit 53 nimmt das jeweilige Ausgangssignal der Fühlglieder, Targetsensor 51 und/oder Lasersensor 52, auf und errechnet daraus ein Steuersignal für mindestens eines der Stellglieder, Target- 25 Stellglied 54 oder/und Laser-Stellglied 55.

Mit Bezugnahme auf Fig. 1 beeinflusst das Target-Stellglied 54 die Austrittsdüse 11 in einer orthogonalen Ebene zur Strahlrichtung des Energiestrahls 2 (Laserstrahl 21). Dabei kann eine Manipulation als lineare Bewegung oder als Schwenkbewegung der 30 Austrittsdüse 11 erfolgen. Die Bewegung der Austrittsdüse 11 bewirkt eine Verschiebung der Strahlachse des Targetstrahls 1 innerhalb der Normalebene zur Strahlrichtung des Energiestrahls 2 und erfolgt in einem solchen Umfang, wie die Fehlstellung der Strahlachsen von Targetstrahl 1 und Energiestrahl 2 vom Targetsensor 51 detektiert wurde.

Die Detektion der Fehlstellung des Targetstrahls 1 erfolgt nach dem in Fig. 3a schematisch dargestellten Prinzip, beispielsweise kurz oberhalb der Strahlachse des Energiestrahls 2. Eine Lichtquelle 57 beleuchtet den Targetstrahl 1 mit einem vorzugsweise parallelen Bündel. Gegenüberliegend ist ein ortsauf lösender Sensor 51 angeordnet, der über eine Abbildungsoptik 56 ein charakteristisches Intensitätsmuster 12 als Bild des Targetstrahls 1 empfängt. Der Sensor 51 erzeugt entsprechend der örtlichen Verschiebung des Bildes gegenüber einer Nulllage N des Targetstrahls 1 ein definiert geändertes Ausgangssignal, das der Verarbeitungseinheit 53 (nur in Fig. 1 und 2 dargestellt) zur Erzeugung einer Regelgröße zugeführt wird.

Ist der Energiestrahl 2, wie in Fig. 4 stilisiert dargestellt, ein fokussierter Laserstrahl 21, wird in y-Richtung eine Detektion des Targetstrahls 1 in der Achse des Laserstrahls 21 dadurch ermöglicht, dass die Lichtquelle 57 (nur in Fig. 1 und 3a dargestellt) mit dem 15 als Energiestrahl 2 vorgesehenen Laserstrahl 21 kollinear eingekoppelt wird. Diese Anordnung hat den Vorteil, dass die Auslenkung des Targetstrahls 1 direkt und genau am Wechselwirkungsort 31 gemessen wird.

Für alle übrigen Fälle der Erfassung der Position des Targetstrahls 1 außerhalb der Strahlachse des Laserstrahls 21 sowie bei Verwendung nicht optischer Energiestrahlen 20 2 wird mit dem optisch berührungslosen Sensorsystem von Fig. 3a stets nur in der Nähe des Laserstrahls 21 gemessen oder es ist nur eine Komponente der Abweichung messbar.

Es soll ausdrücklich erwähnt werden, dass das optische System von Fig. 3a in 25 analoger Weise auch mit Auflichtbeleuchtung des Targetstrahls 1, d.h. mit reflektiertem Beleuchtungslicht, betrieben werden kann, wobei das Licht der Lichtquelle 57 z.B. über die Abbildungsoptik 56 eingekoppelt werden kann (in Fig. 1 schematisch gezeigt) oder gemäß Fig. 3b unter einem bestimmten schrägen Einfallswinkel bezüglich der Abbildungsoptik 56 als paralleles Bündel auf den 30 Targetstrahl 1 gerichtet wird.

Die Lichtquelle 57 sendet im Beispiel nach Fig. 3b ihr Licht auf den im Querschnitt nahezu kreisrunden Targetstrahl 1, der – infolge der Oberflächenkrümmung – das einfallende Licht unter einer Vielzahl von geringfügig verschiedenen Reflexionswinkeln zurückwirft, wobei ein ausreichend intensiver Anteil des Bündels in

die Abbildungsoptik 56 gelangt und auf den ortsauf lösenden Sensor 51 übertragen wird. Das charakteristische Intensitätsmuster 12 als Abbild des Targetstrahls 1 wird dabei zwar gegenüber der Variante von Fig. 3a geschwächt aufgenommen, ergibt aber dennoch eine eindeutige Ortszuordnung für auftretende Lageabweichungen des
5 Targetstrahls 1.

Für eine gleichmäßige Abgabe der EUV-Strahlung 4 muss der Targetstrahl 1 immer zuverlässig vom Laserstrahl 21 getroffen werden, d.h. die Schnittfläche der beiden Strahlen soll konstant sein. Wie bereits in Fig. 1 zu erkennen, ist es prinzipiell ausreichend, die Position eines der beiden Strahlen zu regeln, um die relative Position
10 beider Strahlen zueinander konstant zu halten. Vereinfachend kann außerdem die Position oder Richtung des Laserstrahls 21 als zeitlich hinreichend stabil angenommen werden, so dass es lediglich notwendig ist, die Position des Targetstrahls 1 senkrecht zum Laserstrahl 21 in x-Richtung zu messen und zu regeln. Dadurch wird hinreichend
15 die Schnittfläche der beiden Strahlen und somit die zeitliche Strahlungsdosis konstant gehalten.

Wird die Strahlung 4 des Plasmas 3 orthogonal ausgekoppelt, ist für die Stabilität des Quellortes der Strahlung 4 auch die Dimension und Lage des Plasmas 3 entlang der
20 Strahlachse des Laserstrahls 21 (y-Achse) von Bedeutung.

In diesem Fall muss die Mess- und Regeleinrichtung 5 in zwei orthogonalen Richtungen Positionsänderungen des Targetstrahls 1 erfassen und das Target-Stellglied 54 eine zweidimensionale Bewegung der Austrittsdüse 11 ermöglichen.
Dazu sind gemäß Fig. 4 zwei ortsauf lösende Sensoren 51 orthogonal zueinander
25 angeordnet. Beide sind als Targetsensoren 51 und 51' aufzufassen und liefern Abweichungen des Targetstrahls 1 in reinen Komponenten von x und y im oben gewählten Koordinatensystem.

Die vorzuziehende Variante der Erfassung der Position des Targetstrahls 1 in
30 getrennten Komponenten der x- und der y-Dimension des Targetstrahls 1 ist in Fig. 4 schematisch dargestellt.

Die Detektion der Lage des Targetstrahls 1 kann besonders einfach und vorteilhaft mit einer Abbildungsoptik 56, z.B. in Form eines Mikroskopobjektivs oder einer 1:1-Abbildungsoptik, und einem ortsauf lösenden Sensor 51, z.B. mit geeignet

aufgebauten Photodioden 511 (Figuren 5a, 6a und 6b) oder einer Empfängerzeile 517 (Fig. 7), geschehen. Die Abbildung des beleuchteten Targetstrahls 1 erzeugt in der Sensorebene ein charakteristisches Intensitätsprofil 12.

- 5 Das Intensitätsprofil 12 ist je nach Position der Lichtquelle 57 zur Lage der Sensors 51 als Intensitätsverringerung zu sehen, wenn der Targetstrahl 1 zwischen Lichtquelle 57 und Sensor 51 angeordnet ist und somit einen Schattenwurf erzeugt (Fig. 3a) oder als Intensitätserhöhung ausgebildet, wenn Licht aufgrund der streuenden bzw. reflektierenden Eigenschaften der Oberfläche als Abbild des Targetstrahls 1 auf den
- 10 Sensor 51 gelangt (Fig. 3b). Die Messung des Intensitätsprofils 12 in der Sensorebene wird zur Bestimmung der Position des Targetstrahls 1 verwendet (Istwert-Messung).

 Die Position des Intensitätsprofils 12 lässt sich, wie in Fig. 5a dargestellt, besonders einfach mittels einer Photodiode 511 bestimmen, deren aktive Fläche 512 parallel zur Bildebene der Abbildungsoptik 56 und senkrecht zur Richtung des Targetstrahls 1 (x-Richtung) eine unterschiedliche Höhe aufweist, so dass je nach Position des Intensitätsprofils 12 ein unterschiedlicher Anteil der aktiven Fläche 512 der Photodiode 511 überstrichen wird. Damit fließt je nach x-Position des Targetstrahls 1 ein entsprechend unterschiedlicher Photostrom über einen parallel geschalteten Widerstand 513. Im einfachsten Fall ist die aktive Fläche 512 der Photodiode 511 als Dreieck oder Keil ausgebildet. Dann verhält sich der fließende Photostrom proportional zur x-Position des Intensitätsprofils 12. Die zugehörige Beschaltung der Photodiode 511 zeigt Fig. 5b, wobei die an dem parallelgeschalteten Widerstand 513 abfallende Photospannung 514 als Ausgangssignal des Sensors 51 und somit als Eingangsgröße (Istwert) der Verarbeitungseinheit 53 (siehe Fig. 2) zur Stabilitätsregelung des Plasmas 3 dient.

 Eine weitere Ausführung des ortauflösenden Sensors 51 ist in Fig. 6a dargestellt. Hierbei besteht der Sensor aus zwei Photodioden 511, deren aktive Flächen 512 von dem (symmetrischen) Intensitätsmuster 12 des Targetstrahls 1 in dessen Nulllage N gleichmäßig beleuchtet werden.

Wandert das Intensitätsmuster 12 nach links oder rechts aus (wenn sich der Targetstrahl 1 in Richtung der x-Achse bewegt), so verändern sich die in der Nulllage N gleich großen Flächen A₁ und A₂ und erzeugen folglich entsprechend ihrer Größe

unterschiedliche Photoströme. Daraus lässt sich gemäß Fig. 6c als Ausgangssignal eine Differenzphotospannung 515 gewinnen, die das Ausgangssignal des Sensors 51 darstellt. Die Ortsempfindlichkeit des zweizelligen Sensors wird durch keilförmig zueinander ausgerichteten aktiven Empfängerflächen 512, wie sie in Fig. 6a in Form von gleichschenkligen Dreiecken gezeichnet sind, deutlich erhöht, da bei Bewegung des Intensitätsmusters 12 z.B. nach rechts aus der Nulllage N heraus die beleuchtete Fläche A₁ proportional stark abnimmt, während die Fläche A₂ der anderen Photodiode 511 (in gleichem Maße wie die Verringerung von A₁) zunimmt.

- 10 Einen besonders empfindlich gestalteten ortsauf lösenden Sensor 51 zeigt Fig. 6b. Dieses zweizellige Photodiodenarray beinhaltet zwei kongruente dreieckige aktive Empfängerflächen 512, die durch Drehung um 180° um einen an der Mitte der Hypotenuse liegenden Drehpunkt ineinander überführbar sind. Beide separaten Empfängerflächen 512 bilden zusammen ein Rechteck mit einem lichtunempfindlichen Steg 516 dazwischen, der sich im Gegensatz zur Variante von Fig. 6a nicht auf den Verlauf des Ausgangssignals bei bewegtem Intensitätsmuster auswirkt. Das Intensitätsmuster 12 beleuchtet in der symmetrisch gelegenen Nulllage N eine gleichbleibende Gesamtfläche vertikal übereinliegender Flächenanteile A₁ und A₂, die proportional zur Bewegung des Intensitätsmusters 12 über eine (im Vergleich zu Fig. 6a) größere Wegstrecke die Differenzphotospannung 515 linear und ohne Nulldurchgang empfindlich ändern. Die Signalunterschiede zwischen Nulllage N (Flächenanteile A₁ und A₂) und einer (gestrichelt gezeichneten) verschobenen Position des Intensitätsmusters 12 sind durch die geänderten Verhältnisse der Flächen A₃ und A₄ leicht zu ermessen.
- 15
- 20
- 25

Eine weitere Variante der Gestaltung des ortsauf lösenden Sensors 51 stellt der Einsatz einer Empfängerzeile 517 in Form eines CCD oder einer Photodiodenzeile dar, wie sie in Fig. 7a gezeichnet ist. Bei der Empfängerzeile 517 muss aus einer Anzahl von belichteten Sensorelementen 518 eine Schwerpunktlage S des Intensitätsmusters 12 in der Verarbeitungseinheit 53 ermittelt werden, um den Abstand zur gewählten Nulllage N des Intensitätsmusters für die Beeinflussung des Target-Stellgliedes 54 verwenden zu können. Die prinzipielle Gestalt des Intensitätsmusters 12 sowie die Ableitung der Regelgröße als absolute Verschiebung Δx sind in Fig. 7b dargestellt.

Die für den Targetstrahl 1 vorgesehene Messrichtung des Sensors 51, die durch die optische Achse der Abbildungsoptik 56 definiert ist, kann in gewissen Grenzen von der Strahlrichtung des Laserstrahls 21 abweichen. Die Position des Targetstrahls 1 ergibt sich dann aus der Projektion auf die Achse senkrecht zum Laserstrahl 21 für die 5 x-Komponente.

In diesem Fall ist es aber auch möglich, als Alternative zu Fig. 4 nur einen einzigen Sensor für beide Komponenten (nicht dargestellt) auf einer zwischen den x- und y-Achsen liegenden Stelle zu positionieren, wobei eine 45°-Stellung zu bevorzugen wäre. Durch Verlagerung der Position des einzelnen Sensors 51 zu einem kleineren 10 Winkelabstand mit einer der Achsen x oder y kann in sinnvoller Weise die Auflösung einer Komponente, beispielsweise der x-Komponente zur genaueren Detektion der Abweichungen des Targetstrahls 1 von der Laserstrahlrichtung, auf Kosten der anderen Komponente erhöht werden.

15 Darf die Position des Plasmas 3 innerhalb gewisser Grenzen schwanken, kann anstelle der oben beschriebenen Regelung der Lage des Targetstrahls 1 die Position des Laserstrahls 21 nachgeregelt werden. Das Stellglied 55 (nur in Fig. 2 bezeichnet) für den Laserstrahl 21 kann gemäß Fig. 8 als ein im Winkel einstellbarer Spiegel 22 ausgeführt sein. Bei einer Drehbewegung des Spiegels 22 um einen Winkel $\Delta\Phi$ wird 20 der durch eine Linse 23 auf den Targetstrahl 1 gerichtete Laserfokus in eine Positionsverschiebung $\Delta x = 2f\Delta\Phi$ umgesetzt. Der Drehwinkel $\Delta\Phi$ ist dann proportional zur Position des Targetstrahls 1 und damit zur Messgröße, also zur Photospannung 514 (oder zur streng monotonen Differenzphotospannung 515 gemäß Fig. 6b) als Ausgangsgröße des Sensors 51. Im Falle einer piezoelektrischen 25 Einstellung der Spiegeldrehung ist die Verarbeitungseinheit 53 ein einfaches Regelglied mit der Funktion eines proportionalen Spannungsverstärkers.

Falls die Richtung bzw. die Position des Laserstrahls 21 gewissen Schwankungen unterliegt, die größer als ein geforderter Toleranzbereich ist, kann zusätzlich die 30 Position des Laserstrahls 21 mit einem weiteren Fühlglied, Lasersensor 52, gemessen und in der Verarbeitungseinheit 53 mit für die Positionsregelung verarbeitet werden. Als Regelmechanismen sind unabhängige Regelungen für Laserstrahl 21 und Targetstrahl 1 einsetzbar, aber auch Regelungen, welche die Signale mehrerer

Fühlglieder 51 und 52 verarbeiten und nur ein Stellglied, wie z.B. das Target-Stellglied 54, ansteuern.

Neben der räumlichen Stabilisierung des Plasmas 3 in drei Raumrichtungen, x-
5 Richtung und y-Richtung durch Targetstrahl-Stabilisierung (gemäß Fig. 4), z-Richtung
durch Laserstrahl-Stabilisierung (z.B. gemäß Fig. 8) kann aber mit dem vorstehend
beschriebenen System auch eine gezielte Bewegung des Plasmas 3 entlang einer
definierten Bahn im Raum innerhalb gewisser Grenzen realisieren werden.
Dafür wird – analog zu Fig. 8 – mittels zweier unabhängiger Drehspiegel oder mittels
10 eines in zwei Achsen drehbaren Spiegels 22 – der Laserstrahl 21 mit seinem Fokus
definiert in der x-z-Ebene bewegt. Die Bewegung in x-Richtung führt den Targetstrahl
1 mittels synchronisierter Regelung durch die Verarbeitungseinheit 53 mit Hilfe des
Target-Stellgliedes 54 entsprechend aus. Damit kann das Plasma 3 entlang einer
vorgewählten Bahn in der x-z-Ebene bewegt werden.
15 Durch eine definierte Bewegung der Austrittsdüse 11 in y-Richtung kann das Plasma
3 durch Verschiebung der Strahlachse des Targetstrahls 1 zusätzlich in der y-Richtung
bewegt werden. Somit ist eine gezielte Bewegung des Plasmas 3 in allen drei
Raumrichtungen bei ständiger Überwachung und Regelung des Quellortes möglich.

Bezugszeichenliste

1 Targetstrahl
 11 Austrittsdüse
 12 Intensitätsprofil
 5 2 Energiestrahl
 21 Laserstrahl
 22 Spiegel
 23 Linse

10 3 Plasma
 31 Wechselwirkungsort
 4 Strahlung

5 Mess- und Regeleinrichtung
 15 51 Sensor/Targetsensor (Fühlglied)
 511 Photodiode
 512 aktive Fläche
 513 Widerstand
 514 Photospannung
 20 515 Differenzphotospannung
 516 Steg
 517 Empfängerzeile
 518 belichtete Sensorelemente
 52 Lasersensor (Fühlglied)
 25 53 Verarbeitungseinheit (Regelglied)
 54 Target-Stellglied
 55 Laser-Stellglied
 56 Abbildungsoptik
 57 Lichtquelle

30 x, y, z Koordinaten(achsen)
 N Nulllage
 S Schwerpunkt (des Intensitätsmusters 12)
 Δx Verschiebung

Patentansprüche

1. Anordnung zur Stabilisierung der Strahlungsemision eines Plasmas, insbesondere zur Erzeugung von extrem ultravioletter Strahlung, bei der ein gebündelter Energiestrahl (2) auf ein Target gerichtet ist, wobei das Target als Targetstrahl (1) ausgebildet ist und eine Strahlrichtung aufweist, die im Wesentlichen orthogonal zur Strahlrichtung des Energiestrahls (2) ausgerichtet ist, dadurch gekennzeichnet, dass
 - Messmittel (51, 52) zum zeitlich sukzessiven Erfassen von Abweichungen mindestens einer der Strahlrichtungen von Targetstrahl (1) oder Energiestrahl (2) von einem als Wechselwirkungsort (31) vorgesehenen Schnittpunkt beider Strahlrichtungen vorhanden sind, wobei die Messmittel (51, 52) Ausgangssignale aufweisen, die als Regelgrößen für die Ausrichtung der Strahlrichtungen auf den Wechselwirkungsort (31) geeignet sind, und
 - Stellglieder (54, 55) zum Einstellen und Nachführen wenigstens einer Strahlrichtung von Targetstrahl (1) und Energiestrahl (2) in Abhängigkeit vom Ausgangssignal der Messmittel (51, 52) im Sinne eines Regelkreises vorhanden sind.
- 20 2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Messmittel (51) zur Erfassung von Abweichungen der Strahlrichtungen am Wechselwirkungsort (31) in einer Dimension, die orthogonal zu den Strahlrichtungen von Targetstrahl (1) und Energiestrahl (2) ausgerichtet ist, vorhanden sind, wobei die Messmittel (51) im Wesentlichen in Richtung der Achse des Energiestrahls (2) angeordnet sind.
- 25 3. Anordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass in der besagten Dimension ein Messmittel zur Erfassung der Position des Targetstrahls (1) vorgesehen ist, wobei ein ortsauflösender Sensor (51) in einer Normalebene zur Achse des Energiestrahls (2) angeordnet ist.

4. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass
der ortsauf lösende Sensor (51) ein optischer Sensor ist, der gegenüber einer
Lichtquelle (57) zur Beleuchtung des Targetstrahls (1) so angeordnet ist, dass auf
seine Empfängerebene ein charakteristisches Intensitätsmuster (12) vom
Targetstrahl (1) abgebildet wird.

5

5. Anordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass
der Sensor (51) eine Photodiode (511) mit keilförmiger Empfängerfläche (512) ist,
wobei einer Positionsänderung des Targetstrahls (1) in der besagten Dimension
10 eine lineare Änderung des Photospannung (514), die das Ausgangssignal darstellt,
zugeordnet ist.

6. Anordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass
der Sensor (51) eine Empfängerzeile (517) ist, wobei einer Positionsänderung des
15 Targetstrahls (1) eine gegenüber einer Nulllage (N) geänderte Lage des
abgebildeten charakteristischen Intensitätsmusters (12) zugeordnet ist und die
Differenz zwischen der geänderten Lage und der Nulllage (N), vorzugsweise als
Differenz der Schwerpunkte (S), das Ausgangssignal darstellt.

20 7. Anordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass
der Sensor (51) zwei Empfängerflächen (512) aufweist, wobei bei einer
Positionsänderung des Targetstrahls (1) eine geänderte Photodifferenzspannung
6. Anordnung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass
der Sensor (51) zwei zueinander keilförmig verjüngte Empfängerflächen (512)
aufweist, wobei bei einer Positionsänderung des Targetstrahls (1) eine geänderte
Photodifferenzspannung (515), die das Ausgangssignal darstellt, nachweisbar ist.

25 8. Anordnung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass
der Sensor (51) zwei zueinander keilförmig verjüngte Empfängerflächen (512)
aufweist, wobei bei einer Positionsänderung des Targetstrahls (1) eine geänderte
Photodifferenzspannung (515), die das Ausgangssignal darstellt, nachweisbar ist.

30 9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass
zur Kalibrierung von Photodifferenzspannungen (515) zu zugehörigen
Targetpositionen jeweils zwei Iterationsschritte vorgesehen sind, die zyklisch
wiederholbar sind.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass
in einem ersten Schritt die Position des Targetstrahls (1) in einer Normalstellung
gegenüber dem Energiestrahl (2) als erste Photodifferenzspannung U_1 messbar ist
und nach einer mittels eines Stellgliedes ausgeführten definierten
5 Relativverschiebung Δx eine zweite Photodifferenzspannung U_2 erfassbar ist,
wobei eine lineare Funktion zur Erzeugung eines bezüglich des Weges normierten
Ausgangssignals des Messmittels einen Anstieg
$$a = \Delta x / (U_1 - U_2)$$

aufweist.

10

11. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
Messmittel (52) zur Erfassung der Richtungsabweichung eines Laserstrahls (21) als
Energiestrahl (2) in zwei zueinander orthogonalen Dimensionen vorgesehen sind,
wobei ein ortsauflösender Sensor (52) in einer Normalebene zur Achse des
15 Laserstrahls (21) angeordnet ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass
der ortsauflösende Sensor (52) ein Quadrantendetektor ist.

20

13. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
zur Kompensation von Positionsänderungen zwischen Targetstrahl (1) und
Energiestrahl (2) Stellglieder (55) zum Nachführen des Energiestrahls (2)
vorgesehen sind, wobei die Ausgangssignale der Messmittel (52) als Regelsignale
für die Ablenkung des Energiestrahls (2) vorgesehen ist.

25

14. Anordnung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass
als Stellglied (55) ein schwenbarer Spiegel (22) zur Winkelablenkung eines als
Energiestrahl (2) verwendeten Laserstrahls (21) in einer Dimension angeordnet ist,
wobei der Spiegel (22) wenigstens um eine zur Strahlrichtung des Targetstrahls
30 (1) parallele Achse schwenkbar ist.

15. Anordnung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass
als Stellglied (55) ein schwenkbarer Spiegel (22) zur Winkelablenkung eines als Energiestrahl (2) verwendeten Laserstrahls (21) in einer Dimension angeordnet ist, wobei der Spiegel (22) zusätzlich um eine zur Strahlrichtung des Targetstrahls (1) orthogonale Achse schwenkbar ist, so dass das Plasma (3) und somit der Quellort der Strahlung (4) änderbar ist.

5

16. Anordnung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass
als Stellglied (55) eine elektromagnetische Ablenkeinheit zur Winkelablenkung eines als Energiestrahl (2) verwendeten Elektronenstrahls vorhanden ist, wobei die Ablenkeinheit mindestens eine zur Strahlrichtung des Targetstrahls (1) orthogonale Ablenkebene aufweist.

10

17. Anordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass
zur Kompensation von Positionsänderungen zwischen Targetstrahl (1) und Energiestrahl (2) Stellglieder (54) zum Nachführen des Targetstrahls vorgesehen sind, wobei die Ausgangssignale der Messmittel (54) als Regelsignale für eine Manipulation der Lage einer Austrittsdüse (11) des Targetstrahls (1) vorgesehen ist.

15

20

18. Anordnung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass
die Austrittsdüse (11) in einer Normalebene des Targetstrahls (1) eindimensional beweglich ist, wobei die Bewegung orthogonal zu einer von Targetstrahl (1) und Energiestrahl (2) aufgespannten Ebene ausgerichtet ist.

25

19. Anordnung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass
die Austrittsdüse (11) orthogonal zur Strahlrichtung des Targetstrahls (1) um eine parallele Achse zur Strahlrichtung des Energiestrahls (2) schwenkbar ist.

30

20. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
Messmittel (51, 51') zur Erfassung der Position des Targetstrahls (1) in zwei zueinander orthogonalen Dimensionen vorgesehen sind, wobei ein ortsauflösender Sensor (51) parallel zur Achse des Energiestrahls (2) und ein weiterer Sensor (51') orthogonal dazu angeordnet sind.

21. Anordnung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass zur Kompensation von Positionsänderungen zwischen Targetstrahl (1) und Energiestrahl (2) Stellglieder (54) zum Nachführen des Targetstrahls (1) in zwei Dimensionen vorhanden sind, wobei die Ausgangssignale der orthogonalen 5 ortsauflösenden Sensoren (51, 51') als Regelsignale für eine zweidimensionale Verschiebung einer Austrittsdüse (11) des Targetstrahls (1) vorgesehen ist.

22. Anordnung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Austrittsdüse (11) innerhalb einer Normalebene des Targetstrahls (1) mittels 10 eines Mikromanipulators zweidimensional beweglich ist.

23. Vorrichtung nach Anspruch 13 und 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Stellglieder (54, 55) von Targetstrahl (1) und Energiestrahl (2) in Kombination mit den Messgliedern (51, 52) und Regelgliedern (53) zu einer gezielten 15 Bewegung des Plasmas (3) entlang einer definierten Bahnkurve vorgesehen sind, wobei die Regelglieder (53) entsprechend den Ausgangssignalen der Messglieder (51, 52) einen einzustellenden zeitlichen Verlauf des Wechselwirkungsortes (31) als modifizierte Stellgröße für die Stellglieder (54, 55) bereitstellen.

20 24. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Messmittel zur Erfassung der Position des Targetstrahls (1) in zwei zur Strahlrichtung des Targetstrahls (1) orthogonalen Dimensionen derart angeordnet sind, dass sowohl Komponenten der Abweichung des Targetstrahls (1) orthogonal zur Achse des Energiestrahls (2) als auch parallel dazu mittels 25 eines einzigen ortsauflösenden Sensors (51) messbar sind.

25. Vorrichtung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass der ortsauflösende Sensor (51) unter einem Winkel angeordnet ist, der gegenüber der parallelen oder der orthogonalen Richtung des Energiestrahls (2) um einen geeignet gewählten Winkel, vorzugsweise 45° , verschieden ist, wobei jeweils die Projektionen auf die zu regelnden Koordinatenrichtungen als Ausgangssignale ermittelbar sind.

– Hierzu 6 Seiten Zeichnungen –

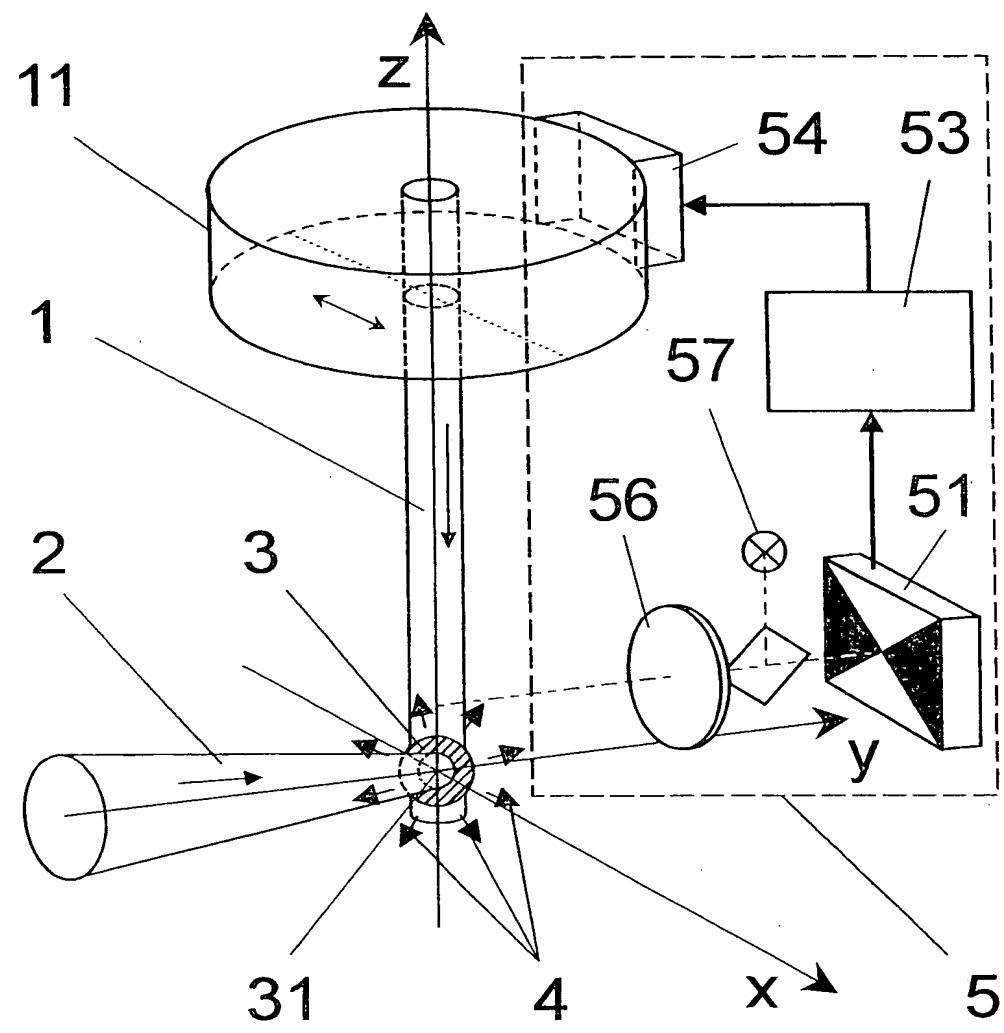


Fig. 1

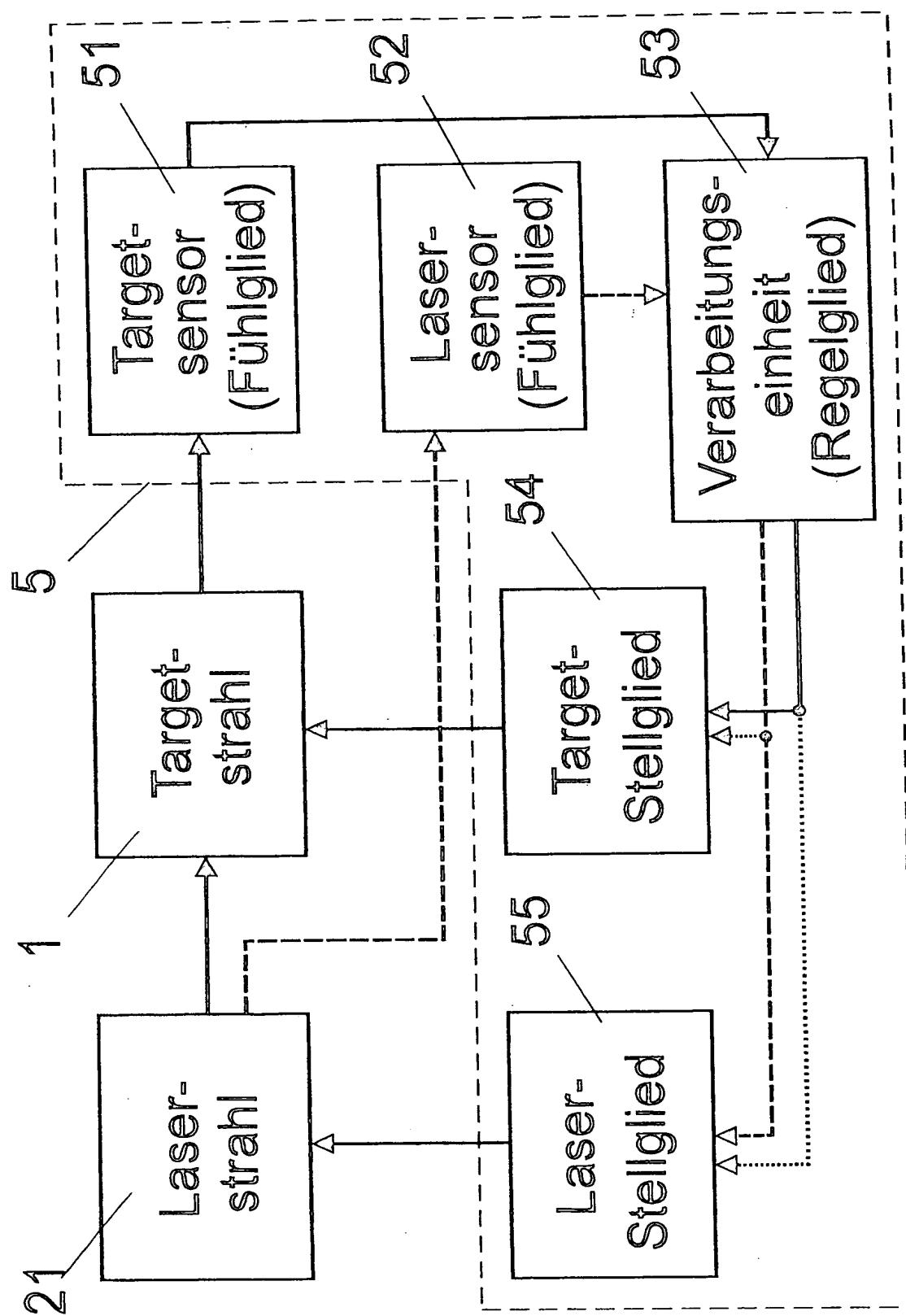


Fig. 2

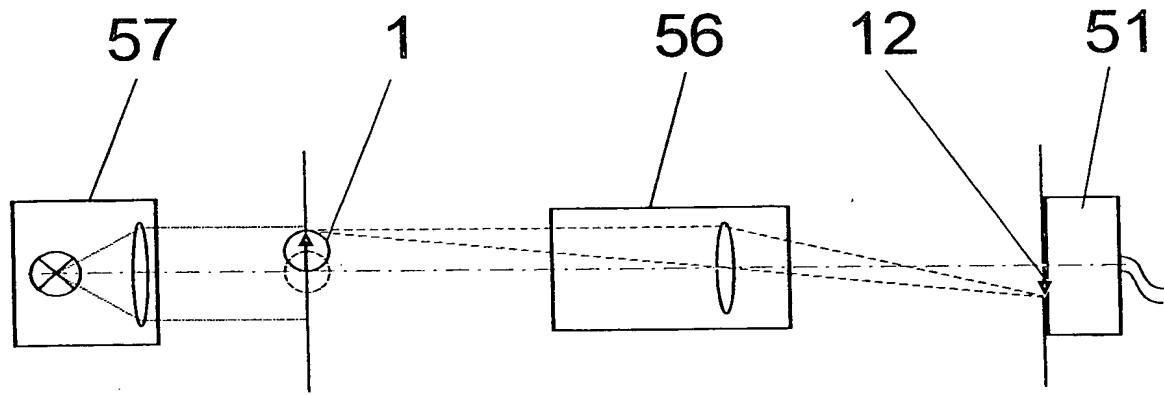


Fig. 3a

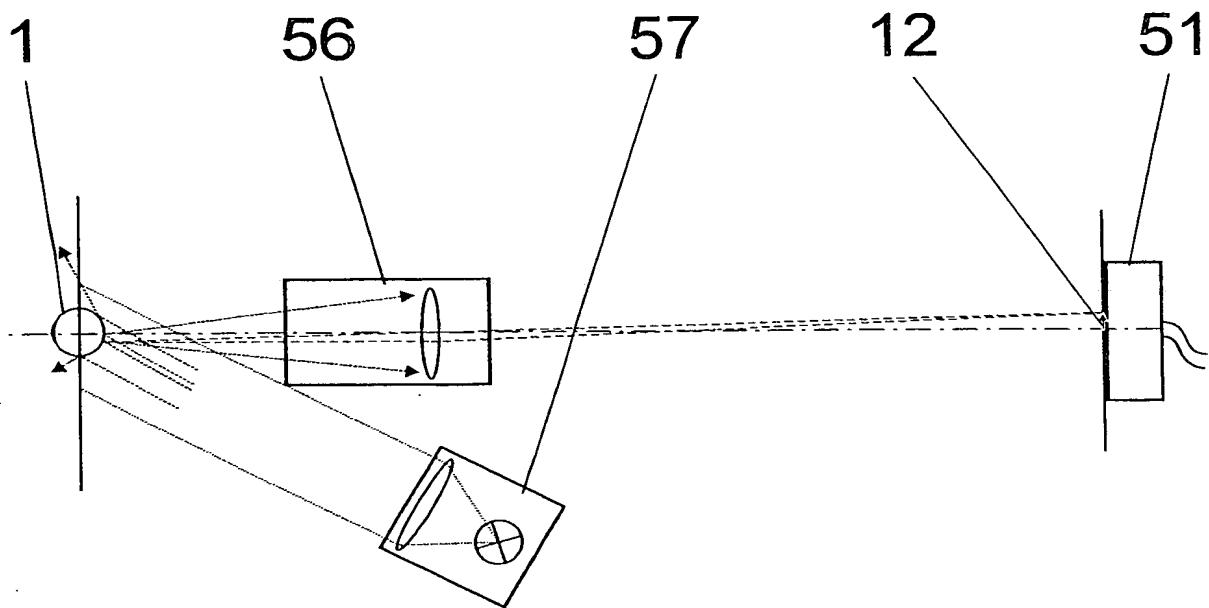


Fig. 3b

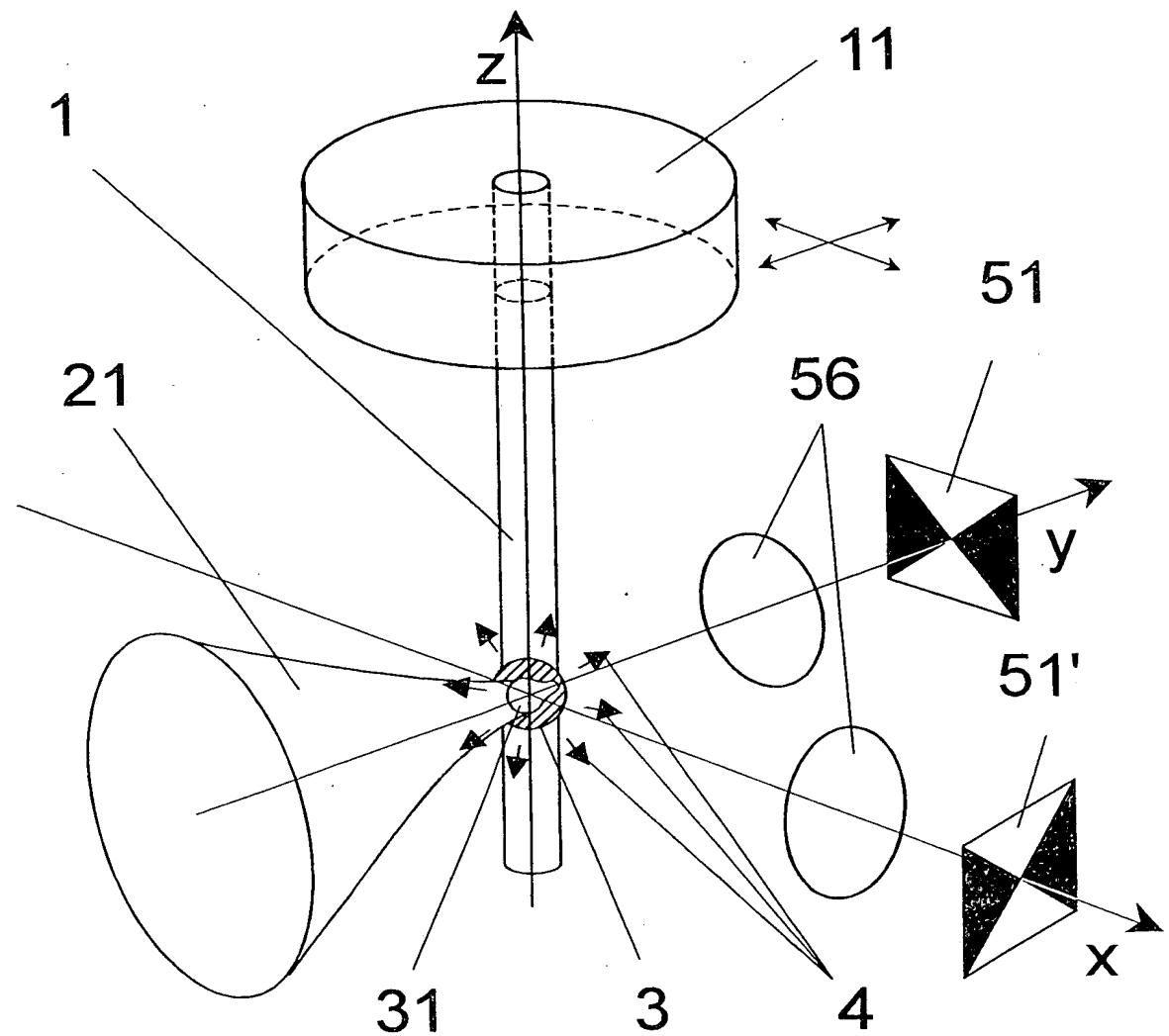


Fig. 4

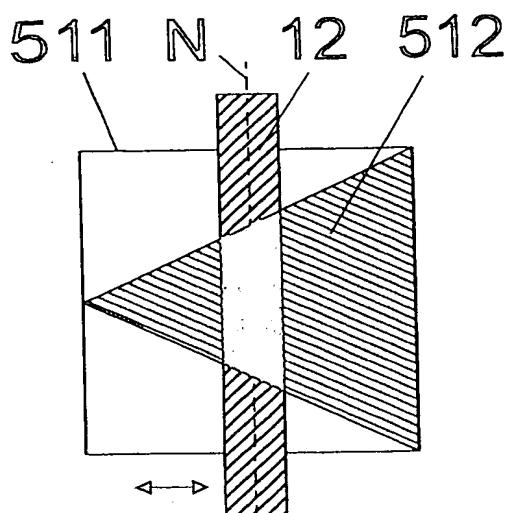


Fig. 5a

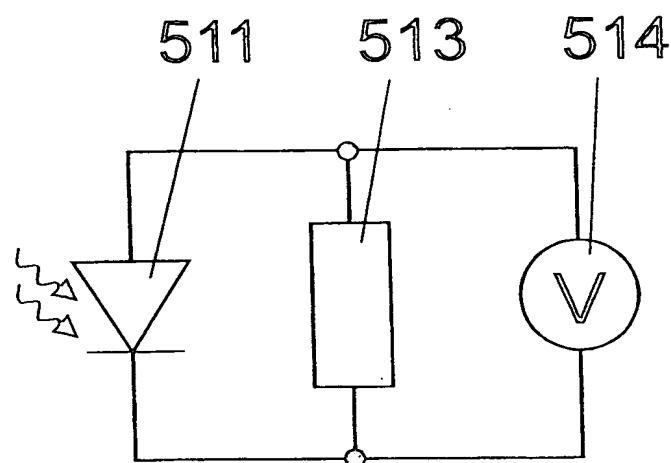


Fig. 5b

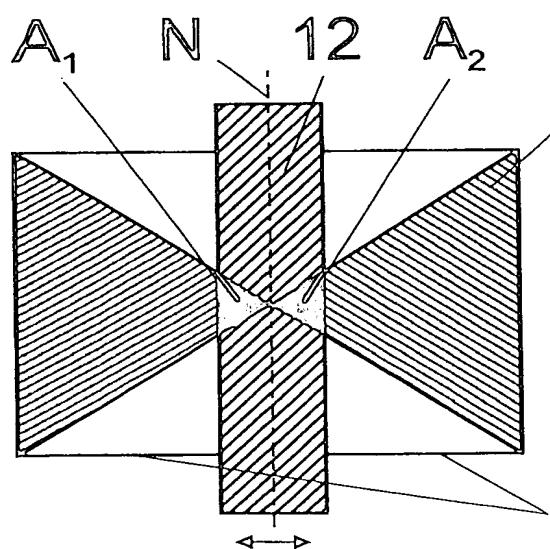


Fig. 6a

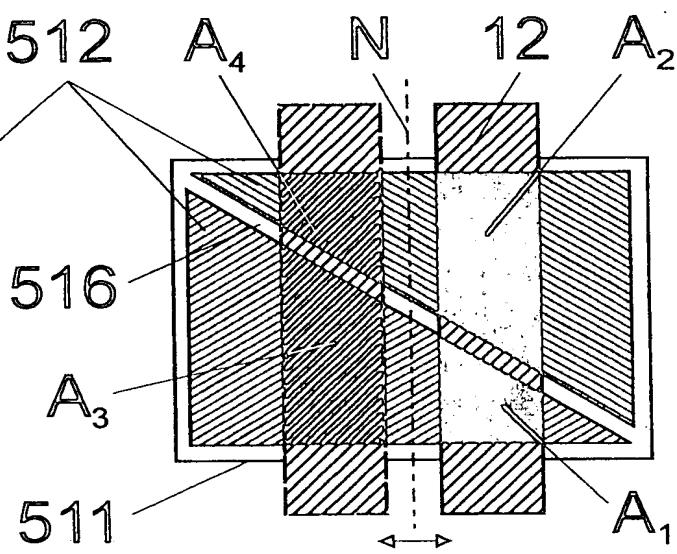


Fig. 6b

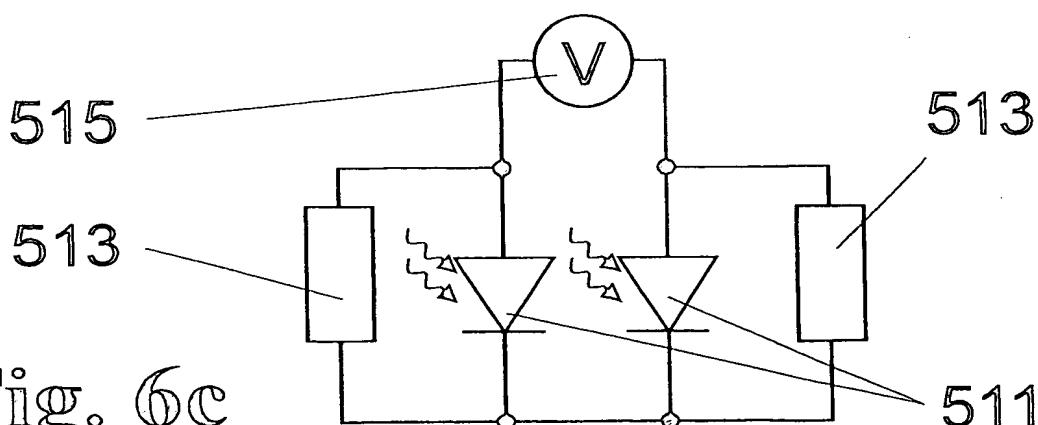


Fig. 6c

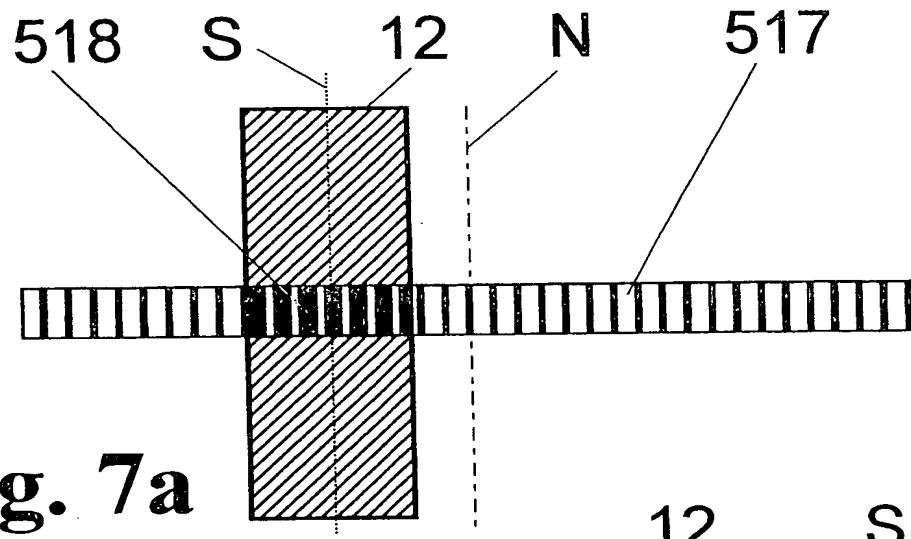


Fig. 7a

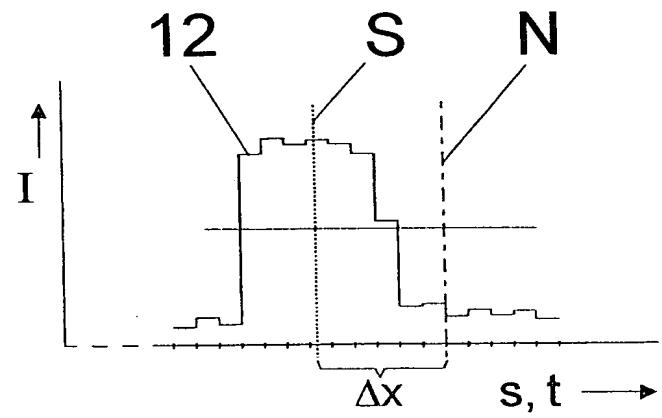


Fig. 7b

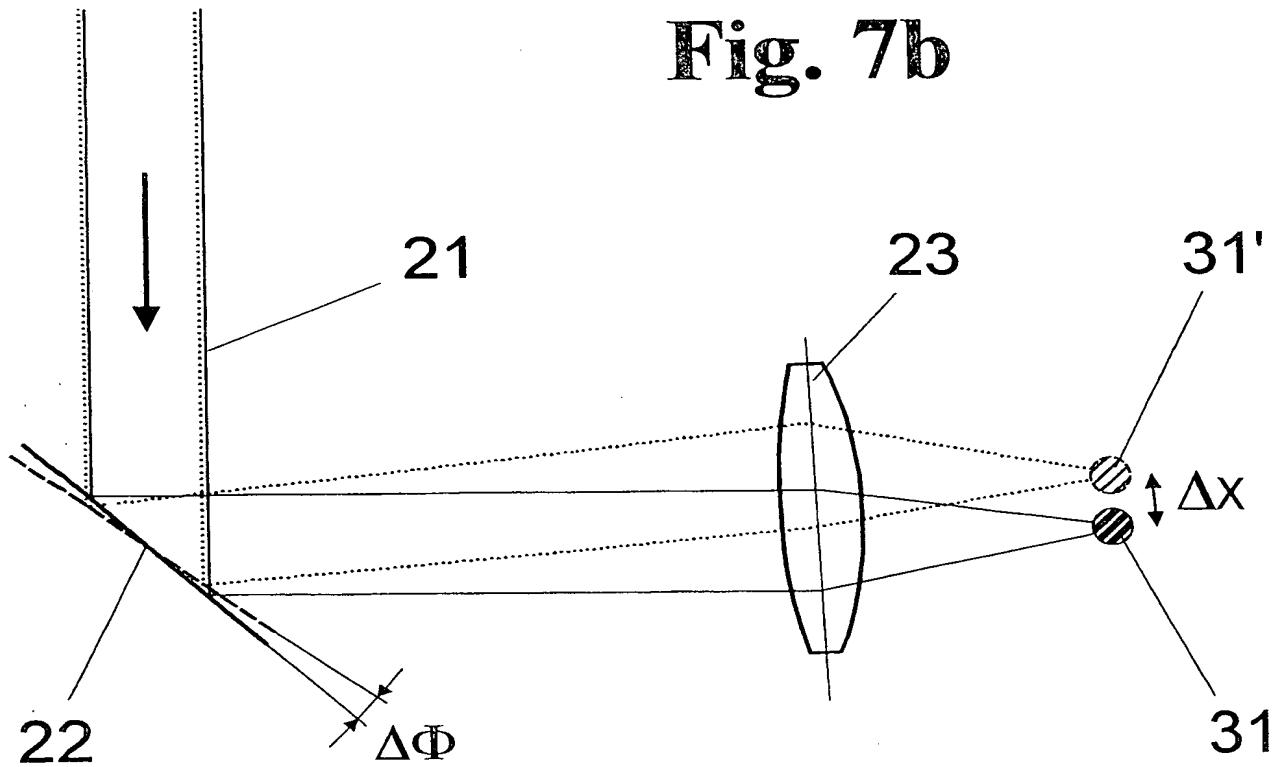


Fig. 8

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Stabilisierung der Strahlungsemission eines Plasmas, insbesondere zur Erzeugung von extrem ultravioletter (EUV-) Strahlung.

5 Die Aufgabe der Erfindung, eine neue Möglichkeit zur zeitlich stabilen Erzeugung von kurzwelliger Strahlung (4) aus einem durch Energieeintrag in einen Targetstrahl (1) erzeugten Plasma (3) zu finden, bei der Intensitätsschwankungen infolge veränderter Einkopplung der Anregungsstrahlung in den Targetstrahl (1) minimiert werden, wird erfindungsgemäß gelöst, indem Messmittel (51, 52) zum zeitlich sukzessiven Erfassen
10 von Abweichungen (Δx) mindestens einer der Strahlrichtungen (y, z) von Targetstrahl (1) oder Energiestrahl (2) von einem als Wechselwirkungsort (31) vorgesehenen Schnittpunkt beider Strahlrichtungen vorhanden sind, wobei die Messmittel (51, 52) Ausgangssignale aufweisen, die als Regelgrößen für die Ausrichtung der Strahlrichtungen auf den Wechselwirkungsort (31) geeignet sind, und Stellglieder
15 (54, 55) zum Einstellen und Nachführen wenigstens einer der Strahlrichtungen von Targetstrahl (1) und Energiestrahl (2) in Abhängigkeit vom Ausgangssignal der Messmittel (51, 52) im Sinne eines Regelkreises vorhanden sind.

– Fig. 1 –

